

3차원 영상을 이용한 radiographic & surgical stent 제작 및 수술

서울 하바드 치과의원
원장 전인성

1. 서 론

Osseointegrated implant의 등장은 세계치과계에 혁명적인 변화를 가져다 주었다고 생각되며 이것에 의해 과거보다 기능적이고 예지성이 높은 결손보철 치료가 가능해졌다고 해도 과언이 아니다. 처음에는 무치악 부위의 치료법으로 시작되었으나, 현재는 부분결손, 심미결손, 발치 후 즉시 임플란트식립, 임플란트 식립 후 즉시기능부하등 모든 경우에 있어서 응용이 가능해졌고 1998년 토론토에서 환자 및 술자가 만족하는 심미적, 기능적 상부구조의 달 성이라는 성공기준이 제시되기도 하였다. 1995년 Garber등은 보철주도형 임플란트의 개념을 소개하였는데 이는 심미적인 결과를 추구하기 위해서 매우 유익한 정보이고 보철적인 입장에서 본다면 이상적인 임플란트 위치의 확립이 가장 중요한 관건이고 술 전에 진단용 wax-up등을 이용하여 최종보철물의 적절한 위치와 형태를 분석하고 이를 기초

로 surgical stent를 제작하여 올바른 위치에 임플란트를 식립하는 것이 임플란트 전 과정을 통하여 볼 때 매우 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있겠다. 필자의 견해로는 모두가 주지하고 있는 바와 같이 restoration driven으로 갈 것이냐 혹은 surgical driven으로 갈 것이냐에 대해서 여러 이견이 있을 수 있겠으나 대략 8:2정도로 나눌 수 있지 않을까 감히 이야기하고 싶다. 이상적인 의미로 본다면 당연히 임플란트 치료가 보철 치료의 한 분과이기에 restoration driven으로 모두 100%가야 할 것 같지만 실제적으로는 대략 20%정도에서는 어쩔 수 없는 해부학적 한계 상황 혹은 시간적인 문제 혹은 아무리 해도 이상적인 위치에 임플란트 식립을 할 수 없는 경우 등을 고려한다면 이 정도의 비율로는 surgical driven쪽으로 가닥을 잡게 되지 않나 하는 생각을 조심스럽게 하게 된다. 임플란트 치료란 모두가 공감하듯이 술 전 계획의 수립, 수술, 2차 수술, 그리고 보철과정을 거쳐 최종 보철물을 환자에게 제공하는 것으로서 각각의 단계는 독립적인 것

임상가를 위한 특집 2

이 아니라 유기적인 관계를 맺고 있다. 이에 저자는 포괄적 의미의 진단의 개념과 진단시스템의 확립이 필수적이라 생각되며, 현재는 구내방사선사진, 파노라마 방사선사진 그리고 컴퓨터 단층사진을 이용한 임플란트의 치료계획이 중요한 의미를 지니며 과거로부터 현재 그리고 미래에 어떻게 진행될 수 있는지를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

2. 역사적 배경

1) 임플란트를 이용한 보철치료계획고려에 관한 고찰

Diagnosis and Treatment planning (prosthetic point of view)

Diagnosis

1. oral examination & general examination
2. radiographic examination
3. anatomy & limiting structure
4. diagnostic cast

Treatment planning

1. general consideration
2. surgical consideration
3. prosthetic consideration

많은 임플란트를 시술하는 분들이 공감하듯이 컴퓨터를 이용하지 않은 상태에서 아날로그적인 접근 방식으로 임플란트 식립 위치를 결정하는 방법이 결코 나쁜 것은 아니다. 아주 정밀한 디지털적인 접근이 안된다면 오히려 이러한 접근보다는 아날로그적 방식이 더 많은 장점을 가지고 있다. 대합치, 임플란트간의 거리, 임플란트와 자연치간의 거리,

향후 형성될 보철물의 모양 등을 생각한 임플란트 위치의 선정을 모델상에서 diagnostic wax-up을 통해 결정하는 접근방식은 사실 매우 오랫동안 우리에게 많은 진단학적 도움을 주었다. 물론 임플란트길이의 결정은 panorama와 dental CT를 통하여 얻을 수 있는 것이고 - 개인적으로 임플란트 술 중에 찍는 periapical view는 임플란트길이 결정에 커다란 도움을 줄 수 없다는 것이 필자의 견해이긴 하다.- 임플란트의 직경은 파노라마에서는 얻는 것이 매우 어렵고 dental CT상에서도 정확한 peri-implant marginal bone dimension을 얻는 것은 역시 많은 경험을 요구하는 것인 것 만큼 가장 정확한 것은 flap을 retraction한 후이나 완전히 가능한 것이 아닌가 하는 생각을 하게 된다.

2) Radiographic measurement for using the metal balls Orthopantomogram

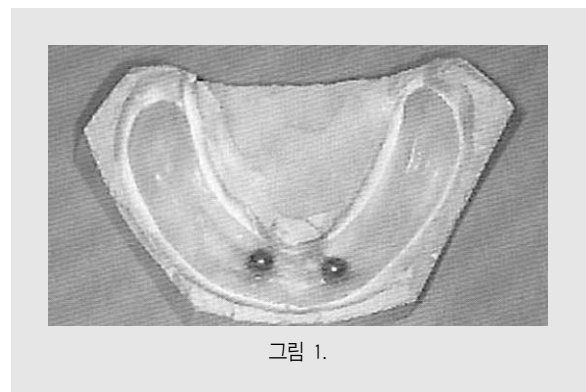


그림 1.



그림 2.

모델상에서 omnivac을 이용하여 radiographic stent를 만들고 이 위에 예전 IMZ 임플란트에서 나온 5mm의 metal ball을 이용하여 접촉시킨 후 interforamen의 위치를 파악하고 비율을 이용하여 임플란트의 길이를 측정하는 방식(그림 1,2)은 매우 오랫동안 사용 되어진 방식이다. 물론 파노라마의 특성상 수직적 위치, 수평적 위치에 따른 확대

율의 변화를 일반화하기에 무리가 있지만 필자의 생각으로는 하악관까지의 safety distance를 2mm 정도로 여유를 둔다면 그리 나쁘지는 않은 접근이라고 생각되며 현재에 이르러서는 디지털방식의 파노라마가 나오면서 요즘은 거의 사용하지 않게 된 방식이라고 생각된다.

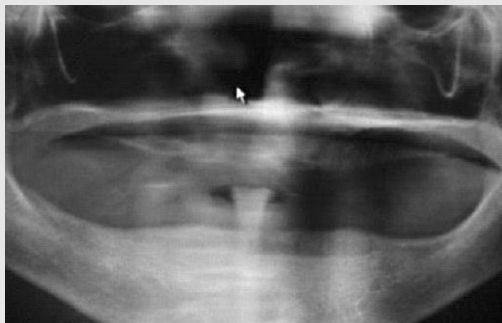


그림 3.

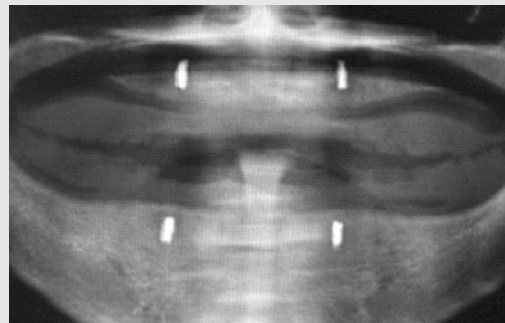


그림 4.

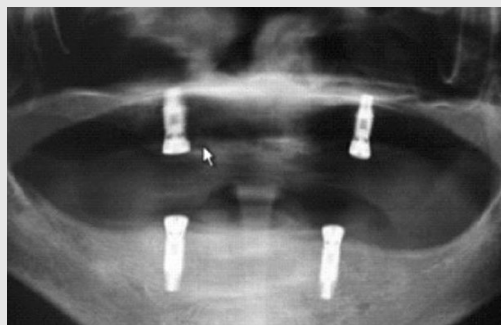


그림 5.

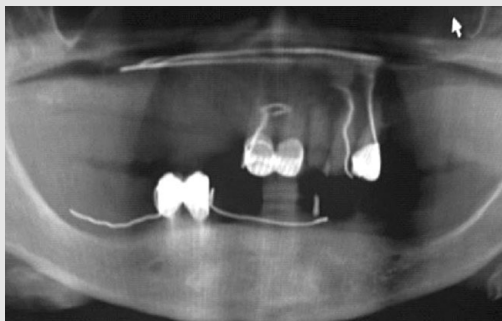


그림 6.

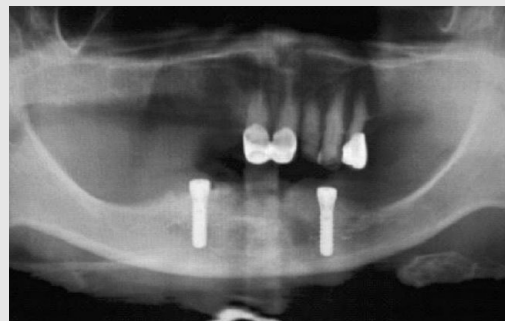


그림 7.

임상가를 위한 특집 2

혹은 기존의 틀니에 low speed bur로 indentation 을 준 후 GP cone을 삽입하여 mental foramen의 위치를 파악하여 임플란트를 식립 하는 것도 많은 진단학적 도움을 준다(그림 3,4,5,6,7). 하지만 결국 이런 형태의 진단학적 분석은 결국 술 전에 어느 정도 정보를 얻는 것에서 끝나고, 수술 시에는 술자의 technique에 의존하는 수술을 해야 하는 문제를 안게 된다고 할 수 있다. 물론 radiographic stent에서 진단을 하고 여기서 surgical stent를 아날로그적 방법으로 만들어서 수술을 하는 것이 술 중에 도움을 줄 수 있지만 많은 경우에 있어서 직경 2.0mm의 hole상에서 초기 드릴링을 할 때 실제

적으로 약간 협착 혹은 설측으로 치우치게 되는 경우가 허다하다. 이는 술자의 기술적 의존도 그리고 어느 정도의 오차를 가지고 있는 hole의 유격에 관한 문제라고 생각이 든다.

그래서 요즘의 일반적 surgical stent방식은 완전히 hole을 뚫기보다는 angulation control만을 위해 협착에 marking을 하고 나머지 드릴링이 되는 부위는 자유도를 주어서 술자가 협설측의 위치를 술 중에 정확하게 하는 방식을 보다 많이 선호하고 있다(그림 8,9,10). 이 역시 모든 진단학적 자료들이 100% 수술로 이행되는 것은 아니며 역시 술자의 기술숙련도에 의존한다고 볼 수 있다.

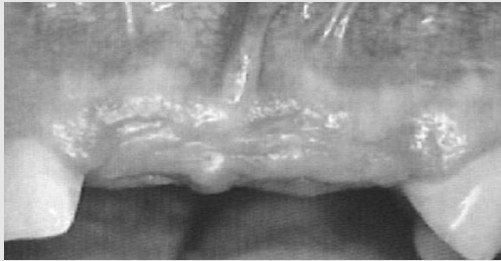


그림 8.

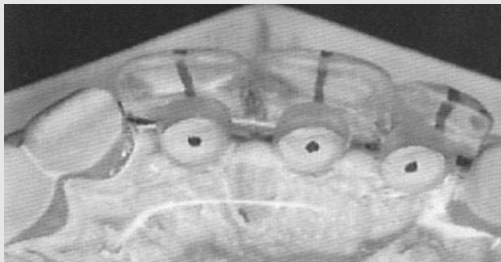


그림 9.

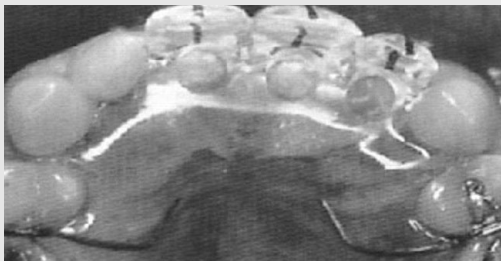


그림 10.

3) Computer Aided Design 및 Computer Assisted Surgery의 필요성

개인적인 생각으로 수술을 하는 임플란트의인 사람이기 때문에 늘 수술이 재현가능하고 늘 정확히 수술을 하기는 어렵다고 생각한다. 대략 500 μ m의 오차 -이는 0.5mm로서 육안으로 식별이 가능하다-가 인간이 재현할 수 있는 수술상의 정확도가 아닌가 한다. 상하악 전치부를 제외하고 임플란트의 식립 위치는 사실 커다란 의미를 가지지는 않는다. 물론 원래 치아가 있는 해부학적 위치에 임플란트를 식립 하는 것이 좀더 바람직한 보철로의 이행을 가능하게 하지만 이때 발생하는 어느 정도의 오차는 보철적으로 해결이 가능한 것이 사실이다. 다만 전치부위는 심미성이라는 중대한 문제가 생길 수 있기 때문에 반드시 3차원적 고려를 포함하여 정확한 위치에 임플란트를 심어주는 것이 반드시 필요하다.

Branemark group에서 시도하고 있는 computer guided design & surgery는 이러한 background를 가지고 있다고 볼 수 있지만 좀더 본질적인 문제는 무치악부위에서-골량과 골질이 좋은 부위에 국한되어 있다. 물론 골량과 골질이 좋지 않는 부위가 있

을 수 있지만 결국 임플란트를 식립하는 곳은 골량과 골질이 좋은 부위에 식립하는 것이므로 이렇게 언급하고 싶다-flapless 상태에서 다수의 임플란트를 식립하고 당일에 바로 부하를 가하는 방식으로 가고자 하는 것이다. 하지만 이 방법 역시 immediate implantation과 sinus lifting은 고려되지 않은 상태이며 이러한 자세한 골의 상황을 술 전에 정확하게 예측하여 처음에 계획한대로 수술을 정확히 시행하고 그 다음에 어떠한 형태로의 부하를 걸지를 예측하여 시행하는 것이 우리의 목표이다.

4) Computer Aided Design & Computer Assisted Surgery Flow sheet

일반적으로 computed tomography는 fan-beam과 cone-beam으로 나누어 진다.

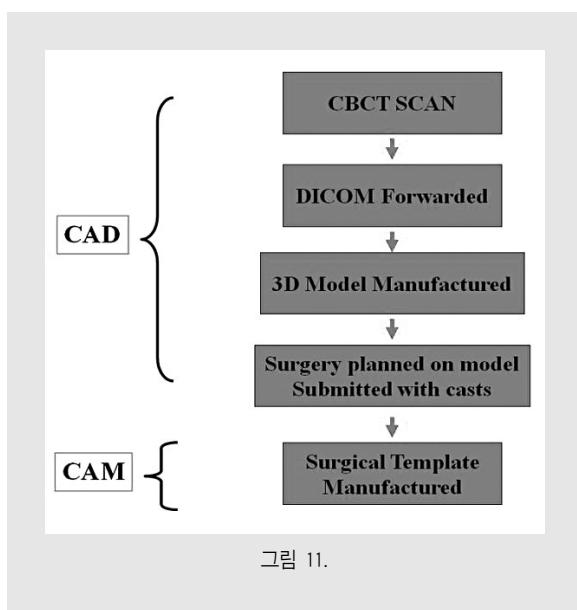
아시다시피 fan-beam CT는 통상적으로 medical 영역에서 사용되어지는 것이고 cone-beam CT(CBCT)는 dental CT로서 통상 simplant라고 불려지는 것이다. 과거에 RP model작업이 불가능했던 시절 그리고 software guided drilling이 확립

되어지기 전에는 이러한 형태의 simulation surgery는 단순히 환자에게 설명하는 수준으로 끝이 났었지만 이제는 그러한 computer상에서의 simulation이 실제적으로 model화 되어가는 기술이 확립되어 있기에 진정한 의미의 computer guided surgery가 가능하게 되었고 이는 향후 computer guided navigation surgery로 한걸음 더 다가설수 있는 밑바탕이 된다고 할 수 있겠다(그림 11).

이러한 대략적인 컴퓨터를 이용한 진단과 그로부터의 정확한 수술 template로의 이행은 앞서 언급했듯이 RP model(surgical template)과 software guided drilling의 기술이 확립됨으로써 가능해졌다. 그리고 또 하나의 중요한 개념이 자리잡게 되는데 바로 "Scan prosthesis"이다.

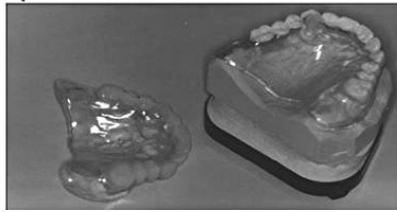
5) Scan prosthesis

이는 기존의 radiographic stent와 매우 유사한 개념이긴 하지만 약간 다른데 자세히 살펴보면 기존의 일반적 radiographic stent는 단순히 구강 내에서 인상채득 후 모델을 만들어 그 위에 omnivac으로 제작하는 방법 또는 direct resin pouring을 시행하고 그 위에 radiopaque mark를 넣어-자세한 기술은 여기서 생략하기로 한다-일반적 panoramic view를 촬영하거나 혹은 완전무치악인 경우 jaw relation을 살피기 위해 cephalometric view를 얻어 향후 임플란트 수술 시에 임플란트의 길이 혹은 약간의 편차를 가지는 임플란트의 식립 위치결정에 도움을 주는 방식이었다. 하지만 여기서 언급하고자 하는 scan prosthesis는 기존의 radiographic stent와 만드는 방식은 유사하지만 레진 재료에 방사선불투과성인 barium sulfate을 적당량을 섞고 치아배열 역시 provisionalization과 동일한 대합치 및 인접치 그리고 임플란트간의 관계를 완벽히 재현해내는 장치이어야 한다. 그래서 이것을 환자가



Protocol to fabricate a scan prosthesis

- The radiopaque scan prosthesis



- The radiopaque scan prosthesis clearly visible in the CT images

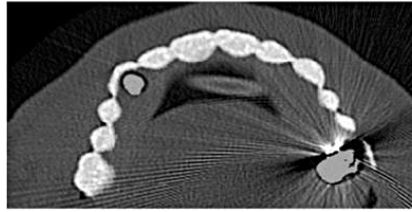


그림 12.

구강 내에 착용하고 CBCT를 찍은 후에 computer 상에서 이러한 자료를 토대로 가장 적절한 임플란트 위치, 가장 적절한 임플란트 길이, 그리고 대합치를 고려한 임플란트 간의 적절한 거리를 simulation할 수 있어야 한다.

여기서는 Materilase라는 회사에 제시하는 I-CAT image를 통한 Simplant software에서 사용되어지는 scan prosthesis와 그것의 간단한 적용에

대해서 언급해보겠다.

여기서 중요한 것은 레진에 방사선불투과성인 물질을 섞어서 만드는 것인데 주의할 점은 다음과 같다.

Combine the clear cold polymerising resin with 15% barium sulfate.

The measuring and blending needs to be performed very carefully.

Insufficient barium sulfate not clearly visible on

- In the Simplant, the 3D is calculated and implants are planned

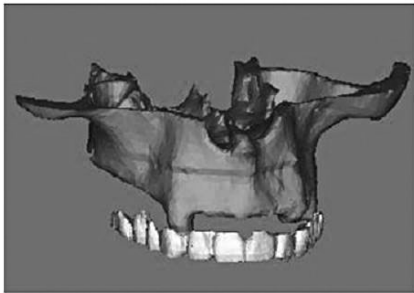


그림 13.

- The relation of the implants to the bone and the planned restoration is clearly shown.

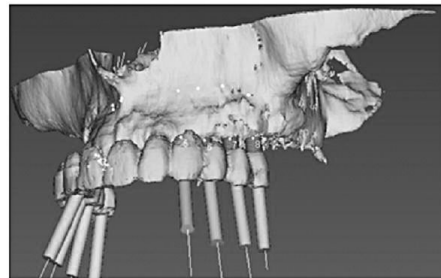


그림 14.



그림 15.



그림 16.

CT scan Excess barium sulfate create artifacts

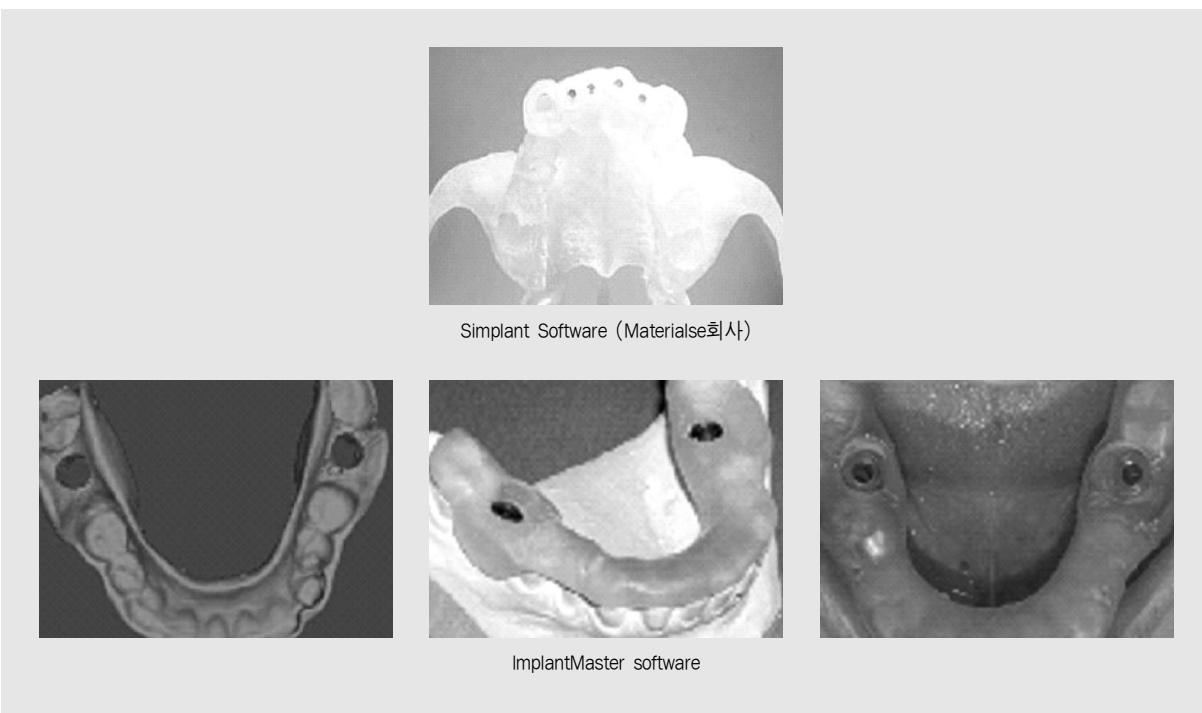
그래서 완성되는 최종 scan prosthesis는 다음과 같이 제작되어야 한다.

즉 환자의 교합상태를 정확히 인기해 내고 연조직이 덮여있는 상태에서 구강 내 적합도가 좋아야 한다. 이는 향후 CBCT를 촬영할 때 움직임이 없는 조건을 수반하며 향후 computer상에 simulation을 할 때 최대한의 정확도를 제공하게 된다.

3. Computer Assisted Guidance

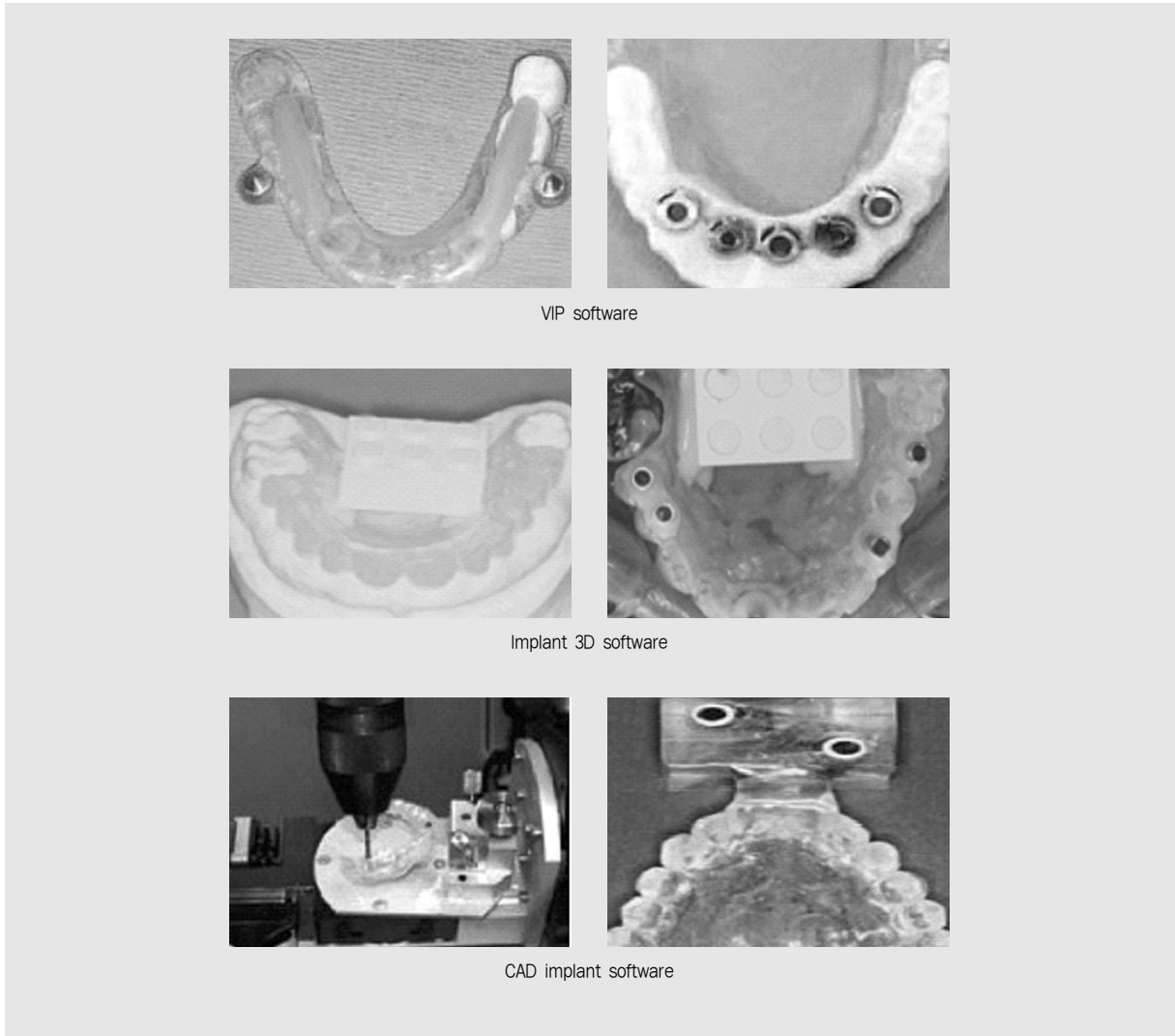
크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째가 software directed drilling에 의해 surgical template를 만드는 방식이고 두 번째가 RP model 즉 virtual modelling에 의한 것이다.

여기서는 현재 세계에 소개되고 있는 5가지의 회



Simplant Software (Materialise회사)

ImplantMaster software



사에서 나오고 있는 방식에 대해 간단히 언급해보도록 하겠다.

- 1) Rapid prototyping을 이용한 surgical guide의 제작
 - Simplant software를 이용한 SurgiGuide
 - ImplantMaster software를 이용한 iGuide
- 2) Software directed drilling을 이용한 surgical guide의 제작
 - VIP software를 이용한 Compu-Guide
 - Implant 3D software
 - CAD implant software

4. Procera software(Nobel Biocare)

이는 앞서 언급한 5가지의 software보다 한 단계 더 진보한 것이라 할 수 있다. 이러한 software들이 정밀한 scan prosthesis를 통하여 정확한 CBCT data를 얻고 여기서 정확한 surgical guide를 만드는데 주안점을 두었다면 여기서 간략히 언급하고자 하는 Nobel biocare의 procera는 이렇게 술전에 정밀하게 디자인되어진 수술용 template의 제작이 가

능하다. 또 거기에 따른 수술이 정확하였다면 미리 향후에 들어갈 보철물을 역시 미리 만들어 놓을 수 있다는 계산이 나오게 되고 그것을 실현하는 방법상의 문제들을 해결해나가면 되는 것이다. 물론 여기서 이 시스템의 모든 것을 언급하는 것은 무리가 있지만 임플란트를 시술하고 보철을 올리는 사람들은 여기에 어떤 특수한 형태의 abutment가 필요할 것이라는 생각을 하게 된다.

실제로 많은 report들이 나오고 있고 성공율 역시 매우 높은 것을 알게 된다. 하지만 생각해보면 처음에 언급한대로 이는 flapless surgery를 기초로 나온 개념이고 그것은 또한 골의 양과 질적인 면에서 어느 정도 임플란트를 수용할 수 있는 minimum requirement를 요구하게 된다. 즉 발치를 바로 하고 임플란트를 하게 되는 경우 혹은 협설측으로 골판이 광범위하게 파괴되어 임플란트를 식립하면서 바로 GBR technique을 구사해야 하는 경우 혹은 상악동거상술과 동시에 임플란트를 식립해야 하는 경우 같은 복잡한 상황에서는 가능하지 않다. 다만 그러한 골의 상태를 피하는 것만 최선의 방법이다.

재미있는 것은 우리는 많은 경우에 있어서 Immediate Loading의 개념을 적용한다. 실제로 필자 역시 골의 상태가 좋지 않은 경우 혹은 partial dentulism의 경우도 이러한 즉시부하가 상당히 높은 성공율을 보인다는 것을 알고 있고 심지어 상악동을 거상한 경우에 즉시 부하를 시행해도 적어도 90%이상의 높은 성공율을 보인다. Nobel에서 제공하는 이러한 서비스는 골의 상태가 충분히 좋은 곳에서 flapless surgery를 통한 immediate loading으로 가는 것이기 때문에 성공율이 높을 것이라는 생각은 쉽게 할 수 있다.

5. Computer Guided Navigation Surgery

이는 신경외과를 비롯한 의과영역에서 이미 일반화 되어있는 수술방식이다. 치과 특히 임플란트 영역에서는 하악골의 움직임 그리고 구강내로의 접근이라는 문제 때문에 많은 제한점을 가지고 있어 발전이 더딜 수 밖에 없었다. 하지만 현재에 이르러 획기적인 공학상의 발전 그리고 실제 구강과 CT를 결합하는 기술의 발전 그리고 tracker라 불리는 handpiece의 움직임을 추적하는 기술상에서 에러를 줄이는 것이 눈부신 발전을 했기 때문에 조만간 실용화가 될 것으로 생각한다. 간단히 부연설명하자면 이것이 상용화되면 가장 좋은 부위는 하악관까지의 거리가 짧은 경우일거라고 필자는 생각한다. 임플란트의 drill tip이 들어가는 위치를 monitor상에서 보며 수술하는 것이 가능해지므로 by-pass technique이나 혹은 가장 근접하게 하악관에 임플란트를 위치시켜서 수술하는 것이 일상화될 수 있기 때문에 가장 골치거리인 nerve에 관한 문제는 상당수가 해결될 수 있을 것으로 보인다.

6. 결 론

짧은 지면으로 인해 각각의 세부적인 것들은 언급하지 못했지만 과거로부터 현재 그리고 미래에 이르는 임플란트 수술의 발전에 대해서 간단히 기술해 보았다고 여겨진다. 임플란트수술보철에 디지털 특히 컴퓨터와 CT를 접목하는 것의 의미는 서론에 언급한 바와 같이 첫 째는 사람이 수술하는 것의 오차를 가능한 한 줄이는 것이고, 둘째는 수술할 때마다 늘 재현성 있는 결과를 어느 수준이상으로 예측 가능하게 하는 것이고, 궁극적 목표는

임상가를 위한 특집 2

수술 당일 날 모든 경우-골의 상황과 향후의 보철의 방법-를 예상해서 즉시부하를 걸 수 있게 하여 환자의 악구강계의 기능을 좀 더 빨리 회복해주는 것이다.

다시 한번 정리해보면

1세대 : computer aided assessment

2세대 : computer assisted planning

3세대 : computer assisted planning/computer assisted guidance

4세대 : computer aided design/computer aided manufacturer

5세대 : surgical navigation이다.

책상 앞에서 눈을 감고 가만히 생각을 해본다. 고도로 발달된 임플란트를 수술하는 로봇트와 외공이 극성에 이른 사람이 하는 수술 중에 어느 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있을까? 술자의 진단 및 치료 계획을 로봇이 그대로 재현하는 것과 내공이 조화경에 이른 술자가 진단 및 수술, 보철과정을 해내는 것 중에 어떤 것이 더욱 만족할 만한 결과를 가져다 줄 것인가? 대부분의 술자는 알고 있다. 인체는 수많은 변수의 연속인 것을……

참 고 문 헌

1. Robotically assisted ablative treatment guided by freehand 3D ultrasound Emad M.Boctor et al Int Cong Series 1268(2004) 503-508.
2. Robot control by fluoroscopic guidance for minimally invasive spine procedures Gabriela Corral et al Int Cong Series 1268(2004) 509-514.
3. An optically based tactile system for interactive gradual surface scanning Andreas Rose et al Int Cong Series 1268(2004) 573-578.